

水稻直播機械化栽培における耕耘，整地，播種法に関する試験

南部美記雄，野垣義登，清原幸一

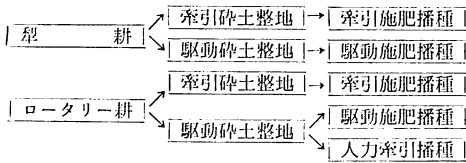
(熊本県農業試験場)

小型トラクターの型式別による耕耘，砕土整地，施肥播種作業等一連の行程に想定されるもので，各種作業機の組合せが作業能率並びに作業精度と発芽に及ぼす影響について，けん引型，駆動型，併用型の作業タイプ別に組合せ耕耘，砕土，整地，施肥播種作業法について試験を行ったので，其の結果と問題点について報告する。

I 試験方法の概要

前作跡地条件を異にした。麦省力栽培平畦跡地，たね省力栽培平畦跡地，麦普通畦立栽培跡地の圃場で耕耘，砕土，整地，播種作業等のタイプ別に第1図の如く農作業を組合せて試験区（第1表）を設けた。

第1図 試験区における農作業体系模式図



試験区の作業方法＝小型トラクター（索引型，駆動型，索引駆動併用型）並びに施肥播種機のタイプ別（索引型接地部，駆動型接地部）に耕耘，砕土，整地，施肥播種作業等の一連の農作業を①索引単用型，

②索引駆動併用型，③駆動索引併用型，④駆動単用型，⑤駆動人力併用型の5種類に機械と作業法を組合せた。

各区の作業方法＝各試験区共耕耘前に推肥1000kg/10a 全面人力散布。耕耘法＝A区双用2段耕型による片返し耕，B区ロータリーによる連接耕，C-1区135cm畦を双用2段耕型による片返し耕，C-2区は135cm畦をロータリー1畦3回掛け畦崩し耕。砕土整地法＝A-1区砕土車輪とスパイクハローによる縦横斜各2回計8回掛け，A-2区ロータリー砕土縦2回横1回後サブレカ整地1回，B-1区砕土車輪とスパイクハローによる縦横各2回計4回掛け，B-2区ロータリーによる横掛け1回後均平板による整地，C-1区カゴ車輪とスパイクハローによる縦横斜各2回計8回掛け，C-2区はB-2区に同じ。施肥播種法＝A-1区，C-1区索引タイプによる平畦施肥播種，A-2，B-2区駆動タイプ稍々中高畦立施肥播種，B-1区同タイプ平畦施肥播種，C-2区人力索引播種（肥料は耕耘後人力散布，播種後踏圧）。

II 試験地の土壌概要

地質及び土性＝白川沖積層，土壌で二毛作平乾田，機械分析成績は第2表の通り。

第1表 試験区の構成

試験区	作業の方法				前作と上地条件	供試機
	耕耘法	砕土整地法	程度	施肥播種様式		
A	1 牽引単用型	犁 耕	牽引砕土整地	++	播種量10L H=30m → ← 30 →	麦省力栽培平畦跡地 KセキKB501 DS51
	2 牽引駆動併用型	耕深15cm	ロータリー-砕土整地	++	播種量8L H=30m → ← 45 →	たね省力栽培平畦跡地 トヨ9KBII OFB
B	1 駆動索引併用型	ロータリー-耕	牽引砕土整地	++	播種量10L H=30m → ← 30 →	A-1に同じ 7ホ9KR FR
	2 駆動単用型	耕深15cm	ロータリー-砕土整地	+	播種量3L H=30m → ← 45 →	A-2に同じ ヤマ-PFC FDC
C	1 牽引単用型	犁 耕 耕深15cm	牽引砕土整地	++	播種量10L H=30m → ← 30 →	麦普通畦立栽培跡地 日の本 HSD-1
	2 駆動人力併用型	ロータリー-耕 耕深15cm	ロータリー-砕土整地	+	播種量10L H=30m → ← 30 →	C-1に同じ 7ホ9KV シバ9(人力)

第2表 機械分析成績

層位	深 さ	礫	粗砂	細砂	砂合計	微砂	粘土	土性
I. II	0~18cm	0.2.31	54.64	56.95	31.89	11.16	L	
III	18~85cm	0.2.63	59.36	61.99	30.51	7.50	L	

III 試験結果と問題点

本試験は作業精度と能率（作業法の実用性）、土壌条件（土壌水分、前作跡地との関係、耕耘、砕土、整地後の土壌粒子の構成、発芽（出芽）迄の土壌硬度）等が発芽にどう影響したかについて問題点を絞った。

発芽（出芽）を支配する要因の解明には巾広い角度から検討すべきであるが、本試験は初年目のため本年度試験結果の資料によって推定出来る範囲の耕耘、砕土、整地、播種作業で変化した土塊の構成（砕土率）と施肥播種後の土壌硬度及び土壌水分等の一部分から発芽にどう関係したかについて、諸調査成績等から推定して問題点と思考されるものについてのみ整理検討した。

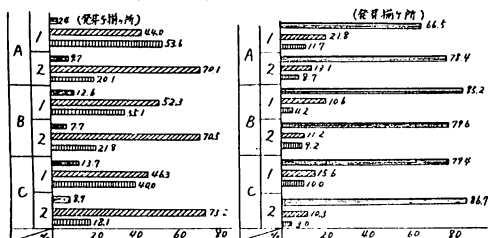
1. 試験期間の気象条件（気温、降雨量）

播種後1日目より降雨があり、4日目に54mm（6月8日）を頂点に5日間に101.1mm、更に3日おいて52.8mm（1日降水量）を中心に5日間に141.9mm、計242.9mmの連続降雨（10日間）で試験区は全区浸冠水の状態であった。気温もその期間低く最低17.6°Cで20°C前後の期間が約1週間続いた。

2. 発芽（出芽）

各試験区とも発芽（出芽）むらが生じた。発芽調査

第2図 試験区の発芽状態



第3表 試験区の発芽状態

試験区	調査時の圃場発芽(出芽)程度	発芽の状態	
A	1	10%	出芽は最も悪く土中発芽、枯死が最も多い。
	2	40%	A-1区より出芽は良い、土中発芽は稍々多いが枯死が少い。
B	1	85%	出芽は良く土中発芽も少い、枯死が稍々多い。
	2	75%	B-1区に比較して出芽は稍々低い、土中発芽枯死は稍々少い。
C	1	30%	A-1区に比較して出芽は良く土中発芽少い、枯死が多い。
	2	70%	出芽は良く、土中発芽多く、枯死も少い。

は発芽揃の良好な位置と発芽の悪い位置を1区各5カ所測定し完全発芽（出芽）不完全発芽（土中発芽）枯死に分けた。種子課度についても同時に測定した。

3. 砕土率との関係

砕土の状態（程度）と発芽の関心で問題点となるものは砕土、整地作業後の土塊の構成である。その中で特に土塊10cm以下に含まれている土粒（粒子）の割合の多少によつて支配されるものと思われる。しかしこの事は土質、播種後の表面形状、播種後の気象条件（気温、土壌水分）等によつて大きく左右される。

本試験の結果で土壌の変化（特に土壌硬度）と土塊構成特に10m/m以下の土塊の構成（粒子）の多少が発芽を支配したものと思われる。——発芽に関する総合比較検討表参照

第4表 農作業タイプ別砕土率

試験区	分類%	砕土率 (%)		
		10mm以下	10~25mm	100 25~50mm
A	1	44.2%	37.1%	18.7
	2	40.3	40.0	19.7
B	1	57.3	35.9	6.8
	2	59.6	34.2	6.2
C	1	63.0	28.6	8.4
	2	71.0	25.5	3.4

4. 土壌硬度との関係

砕土、整地後と施肥播種後の土壌硬度の変化は各試験区とも全体的に硬くなった。これは土壌（耕土）の沈下によるもので一般的な現象である。本試験で問題点と思われた土壌硬さは施肥播種後（播種後14日目調査）の播種部（播床）と播種条間部の土壌硬度の同位点の位置（深さと厚さ）と種子深度に於ける土壌硬度が前述の土塊の構成（砕土率）特に10m/m以下に含まれている粒子の多少が相関連して発芽を支配した一つの要因と思われる。勿論これには、土壌水分の発芽迄の状態（時期と期間と量）とも関係する。

発芽調査時の土壌硬度—前述した土壌硬度の交差する点（播種部と播種条間部の同位点の硬度をグラフ上で求めた）を一応、土壌硬度同位面と記す。「その理由は、土壌断面の土壌硬度が播種部と播種条間部が或る位置（深さ）で同位する点を考えた場合、断面的には一つの線なり、或いは或厚さの同位硬度が（土塊密度の高い層）が平面的に分布形成されているものと考えられたためである」。

本試験の発芽調査成績と土壌硬度位面の位置及びその硬さ、種子位置の土壌硬度等が前述した発芽を阻害

する諸要因と関連して発芽を左右するもの
 と思考される。一発芽に関する総合比較検
 討表参照。

5. 土壌水分との関係

播種当時の土壌水分は40%前後で良好で
 あつたが前述した如く、播種後10日間は連
 続的な降雨のため、試験区はたえず浸水、
 冠水の状態をくりかえした。従つて試験区
 に於ける雨水の流れ、滞水等があり、この
 ため畦、播種部位置に於ける表面水の流れ
 または水の土中異動等により土壌間隙に土
 壤粒子（特に 10m/m 以下に含まれている
 粒子）が土壌の或る密度の位置（前述の土
 壤硬度同位面等）に移動定着等の現象を起
 しその後の土壌水分の変化（低下）により
 移動定着した部位の土壌密度が高くなり、
 これが種子深度の土壌硬度等と関連して
 発芽を支配した要因と思考される。

発芽に関する総合比較検討表参照。

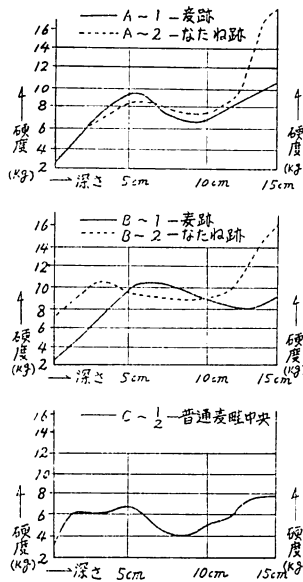
発芽の Stage と出芽障害について＝播
 種後何日頃（降雨等によつて）滞水した場
 合に発芽障害をおこしやすいかについてポ
 ット試験を行った。

その結果は第6図の如くであつた。即ち
 播種直後の滞水区は出芽は早いがその後の
 出芽が極めて緩慢でまた出芽歩合、良苗歩
 合とも4日後、6日後処理区は劣つた。こ
 の傾向は滞水期間の長いほど顕著である。
 このように播種直後が最も湿害による出芽
 障害が大きかつた。出芽障害の原因は酸素
 不足と表土の物理性が主な要因と考えられ
 る。

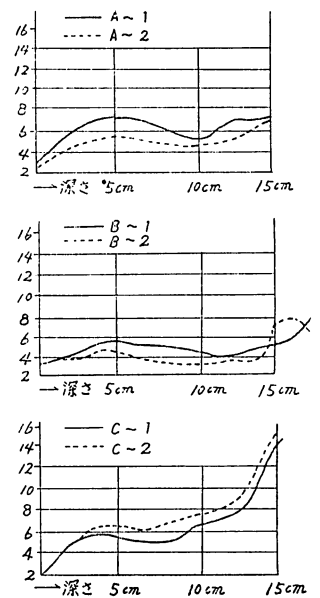
6. 農作業タイプとの関係

作業能率はトラクターの型式、容量、作
 業種類等による作業速度、作業行程数と作
 業巾並びに各作業の組合せと作業方法によ
 つて支配される。本試験のねらいからして
 今回は各作業（特に砕土、整地）に差をつ
 けて行つたため総合的な評価は出来ない。
 しかし総合的に作業タイプの推定を求むれ
 ば本年の様な気象条件並びに土壌条件では

第3図 耕起前土壌硬度

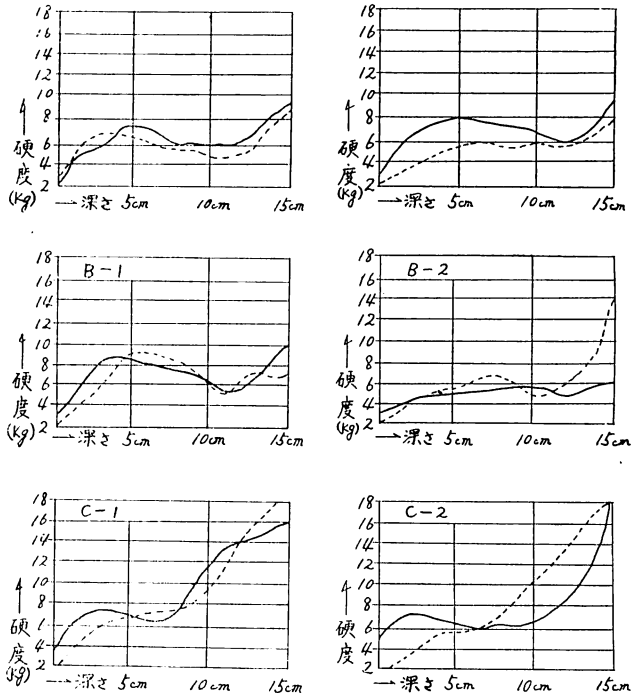


第4図 砕土、整地後土壌硬度



第5図 発芽調査時土壌硬度

A-1 —— 条間部
 播床部
 A-2 —— 条間部
 播床部



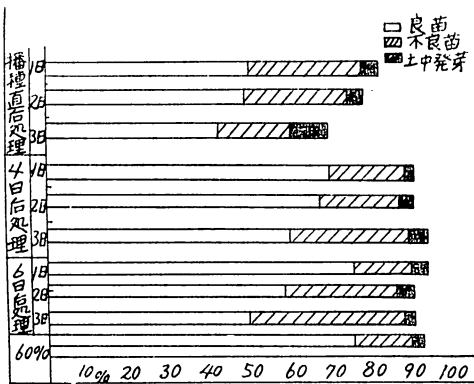
※ 各試験区共、条間部、播床部、各5カ所測定

第5表 発芽に関する総合比較検討表 その1

項目	試験区		A		B		C																																																																																		
	1	2	1	2	1	2	1	2																																																																																	
碎土・整地作業の程度	+++	++	++	+	+++	+																																																																																			
土壤断面様式図																																																																																									
圃場発芽(出芽)程度	10%	40%	85%	75%	30%	70%																																																																																			
種子深度	1.9 cm	1.9 cm	2.4 cm	2.6 cm	2.2 cm	2.3 cm																																																																																			
碎土・整地後の土壌構成%以下	44.2%	42.3%	57.3%	59.6%	63.0%	71.0%																																																																																			
種子位置土壌硬度kg/cm ²	6.4 kg	4.8 kg	5.2 kg	4.2 kg	5.6 kg	4.2 kg																																																																																			
土壌硬度同位面位置kg/cm ²	6.9 kg	—	8.2 kg	4.2 kg	7.0 kg	6.1 kg																																																																																			
土壌硬度同位面位置cm	3.8 cm	—	4.8 cm	2.7-3.6 cm	5.4 cm	6.6 cm																																																																																			
発芽考察	<table border="1"> <tr> <td>完全発芽(出芽)%</td> <td>46.1</td> <td>29.8</td> <td>78.4</td> <td>77.7</td> <td>28.6</td> <td>27.7</td> <td>28.0</td> <td>23.7</td> </tr> <tr> <td>上中発芽%</td> <td>21.8</td> <td>44.0</td> <td>13.1</td> <td>70.1</td> <td>10.6</td> <td>52.3</td> <td>14.2</td> <td>70.5</td> </tr> <tr> <td>休眠形</td> <td>11.7</td> <td>53.6</td> <td>8.7</td> <td>20.1</td> <td>7.2</td> <td>21.8</td> <td>16.0</td> <td>44.0</td> </tr> <tr> <td>不均平度</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>10%以下の上中発芽</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>種子位置土壌硬度</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>土壌水分</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>土壌同位面硬度</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>位置</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> </table>								完全発芽(出芽)%	46.1	29.8	78.4	77.7	28.6	27.7	28.0	23.7	上中発芽%	21.8	44.0	13.1	70.1	10.6	52.3	14.2	70.5	休眠形	11.7	53.6	8.7	20.1	7.2	21.8	16.0	44.0	不均平度	—	—	—	—	—	—	—	—	10%以下の上中発芽	—	—	—	—	—	—	—	—	種子位置土壌硬度	—	—	—	—	—	—	—	—	土壌水分	—	—	—	—	—	—	—	—	土壌同位面硬度	—	—	—	—	—	—	—	—	位置	—	—	—	—	—	—	—	—
完全発芽(出芽)%	46.1	29.8	78.4	77.7	28.6	27.7	28.0	23.7																																																																																	
上中発芽%	21.8	44.0	13.1	70.1	10.6	52.3	14.2	70.5																																																																																	
休眠形	11.7	53.6	8.7	20.1	7.2	21.8	16.0	44.0																																																																																	
不均平度	—	—	—	—	—	—	—	—																																																																																	
10%以下の上中発芽	—	—	—	—	—	—	—	—																																																																																	
種子位置土壌硬度	—	—	—	—	—	—	—	—																																																																																	
土壌水分	—	—	—	—	—	—	—	—																																																																																	
土壌同位面硬度	—	—	—	—	—	—	—	—																																																																																	
位置	—	—	—	—	—	—	—	—																																																																																	

(備考、1) 種子位置土壌硬度 土壌硬度同位面位置土壌硬度同位面位置等は土壌硬度調査7777で求めた。 2) ○印は該当事項

第6図 発芽の stage と出芽障害



碎土、整地の入念な作業タイプ程発芽障害の要因があまりも多く関連して良くない。

Ⅳ むすび

作業精度と発芽に関する総合された諸要因の中で最も支配的なものは土壌水分と10mm以下の土壌粒子の構成と種子深度に於ける土壌硬度並びに土壌同位面(位置と深さ)が問題となるものと思われるが一試験の考察であり、これらが正しいものかについては時間を要すると思う。しかしこれらの結果からして駆動耕起を出発点とする、畦立播種作業方式(畦の高さは5cm程度で播種位置を浅くする)の作業タイプが望ましい。

第 6 表 発芽に関する総合比較検討表 その2

項目	試験区		A		B		C	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1 畦形との関係	平畦で作条部中間のため表面水等により土粒(粒子)が作条部へ集積の原因となり種子位置の土粒密度を高くする。	少々中高畦のため表面水等の流水による粒子の播種部集積は少ない。	A-1区に、類似した形状であった。以下A-1区と同じ。	A-2区に類似した形状であった。種子位置はA-2区より畦内端に近い。	A-1区に類似した形状。以下A-1区と同じ。	平面で作条部が少々低くなる(踏圧により)		
2 均平度との関係	良好	不十分 均平むらが多く滞水し、畦の効果が充分発揮出来ず、発芽障害の原因となった。	少々良好 均平むら少し、従って滞水による発芽不良有。	少々良好 以下B-1区に同じ。	良好	少々不十分 均平むら有り、滞水による発芽不良少。		
3 土塊構成との関係(10m/m以下に含まれている土粒子の割合)	粒子が多かつたと推定	粒子が最も少なしと推定	粒子は稍多いと推定	粒子は少なしと推定(特に作業方式より)	粒子が最も多かつたと推定(作業方式と土地条件より)	粒子が最も少なしと推定		
4 種子位置土壌硬度との関係	最も硬いため、種子は浅い位置にあるも発芽(出芽)が最も不良	硬度は低いが、種子位置(畦片端部で深い)の関係で土中発芽が多かつた。	硬度は中位であり土中枯死少々多い	種子位置は深い土壌硬度は軟いが深すぎた種子は土中発芽となつた。	A-1区次ぐ硬さで発芽不良、深いものは枯死多。	最も軟かい、発芽(出芽)良好		
5 種子深度との関係	浅い位置にあつたから深度と発芽の関係は少なかつたと思われる、ただ硬度が高いため浅くても土中、発芽枯死が多くなつた	種子位置のばらつき大で、土中発芽が多い。	種子位置のばらつき少し、従って発芽良。	特に土壌硬度同位面内にあつた種子が土中発芽を多くしたものとと思われる。	種子位置は良好	点播で固まつて落下しているため、浅い位置の発芽は良好、少し深い位置になると不良、その差が大。		
6 土壌水分との関係	過 湿	過 湿 畦は中高でも種子位置が4-で記した如く片端下部のため過湿の状態にあるも水の移動は大。	過 湿	過 湿 以下A-2区と同じ。	過 湿	過 湿		
7 土壌硬度同位面との関係	種子位置より少し下部(約1.5cm)にあつたが硬いため土壌硬度同位面上の粒子の密度を高めた。そのため種子位置の硬度が高くなつた。	形成されず	粒子は少々多いが土壌硬度同位面積が低いので、粒子の密度が少々低い。	種子位置と同位面積が有り、もとより粒子そのものが少いたため同位面積が浅くても密度は低い。	種子位置より約5cm 下部にあるが粒子が多いため同位面上の密度は高い。	種子位置より、最も深く約6.6cmで軟かく、そのうえ粒子が少なかつたので密度が低く発芽良。		
8 土壌硬度同位面位置との関係	浅い位置で硬いため粒子の密度を高めた。	形成されず	硬いが深い位置にあるため種子位置の粒子の密度を下げた。	軟いため種子と接近していても表面迄の硬度(播種部)が軟いので、密度低く発芽良。	深い位置にあり種子位置密度はA-1区より低い。発芽A-1区より良。	軟かくて深い位置にあるため表面迄の密度低く特に条間部が低く発芽良。		